

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problems Mailbox.

THIS PAGE BLANK (USPTO)

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-98301

(P2000-98301A)

(13) 公開日 平成12年4月7日 (2000.4.7)

(51) Int.Cl.⁷

G 0 2 B 27/46

図別記号

F I

G 0 2 B 27/46

テーマコード (参考)

審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 11 頁)

(21) 出願番号 特願平10-266555

(22) 出願日 平成10年9月21日 (1998.9.21)

(71) 出願人 00000376

オリンパス光学工業株式会社

東京都渋谷区船ヶ谷2丁目43番2号

(72) 発明者 合△崎▽ 紳一郎

東京都渋谷区船ヶ谷2丁目43番2号 オリ

ンパス光学工業株式会社内

(74) 代理人 100058479

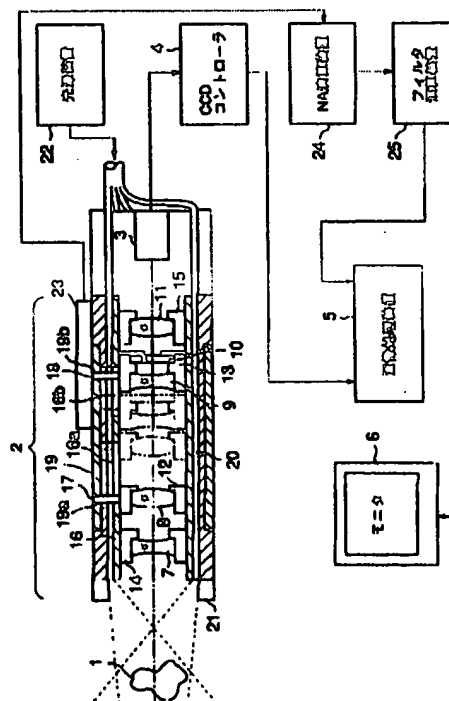
弁護士 鈴江 武彦 (外4名)

(54) 【発明の名称】 拡大被写界深度光学系

(57) 【要約】

【課題】ズームレンズを有する拡大被写界深度光学系を提供する。

【解決手段】本発明によるビデオマイクロスコープは、物体1を結像するズームレンズ2と、結像された物体1の像を撮像するCCDカメラ3と、CCDカメラ3を制御するCCDコントローラ4と、CCDカメラ3で撮像された画像に対して処理を行なう画像処理装置5と、画像処理装置5によって処理された結果を表示するモニター6とを有している。ズームレンズ2は、二枚の固定レンズ7、11と二枚の可動レンズ8、9とキュービック位相変調マスク10とを有している。ビデオマイクロスコープは、さらに、ズームレンズ2の一方の可動レンズ9の位置を検出するエンコーダ23と、エンコーダ23からの情報に基づいてズームレンズ2のNAを求めるNA演算装置24と、NA演算装置24で求められたNAに従ってフィルタ係数を求めるフィルタ演算装置25とを有している。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 物体からのインコヒーレント光を像面上に集光するズームレンズ系と、

ズームレンズ系によって像面上に集光された像を撮像する撮像手段と、

物体と撮像手段の間に配置され、ズームレンズ系の光学的伝達関数(OTF)を物体の光軸方向の位置によらずに一定に変形させるキュービック位相変調マスクと、

ズームレンズ系のNAを算出するNA算出手段と、

NA算出手段によって算出されたNAに基づいてキュービック位相変調マスクによる光学的伝達関数(OTF)の変形を回復するフィルタ係数を算出するフィルタ係数演算手段と、

フィルタ係数演算手段によって算出されたフィルタ係数を用いて、撮像手段で得られる画像データに対して変形していない光学的伝達関数(OTF)に戻す処理を行なう画像処理手段とを有している、拡大被写界深度光学系

【請求項2】 前記NA算出手段は、ズームレンズ系に含まれる可動レンズの位置を検出する位置検出手段を有し、位置検出手段の出力に基づいてNAを算出する、請求項1に記載の拡大被写界深度光学系。

【請求項3】 前記NA算出手段は、標準サンプルの観測画像の空間周波数解析によりNAを算出する、請求項1に記載の拡大被写界深度光学系。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、インコヒーレント光学系の被写界深度を拡大する装置に関する。

【0002】

【従来の技術】インコヒーレント光学系の被写界深度を拡大する手法は、例えば、米国特許5,748,371号や、「Edward R. Dowski, Jr., W. Thomas Cathey, "Extended depth of field through wave-front coding", Appl. Opt. Vol. 34, 1859-1866(1995)」、「Sara Bradburn, Wade Thomas Cathey, Edward R. Dowski, Jr., "Realization of focus invariance in optical-digital systems with wave-front coding", Appl. Opt. Vol. 36, 9157-9166(1997)」に開示されている。

【0003】この手法による装置は、図14に示されるように、CCD等の撮像手段と、物体の像を撮像手段の受光面に結像させるレンズ系と、光学系の瞳位置に配置されたキュービック位相変調マスクと(図15参照)、撮像手段からの画像データに基づいて画像を構築する画像処理装置とを有している。

【0004】キュービック位相変調マスクは、一方の面は平面で、もう一方の面は、図15に示されるように、 $z=k(x^3+y^3)$ で表わされる形状をしている。キュービック位相変調マスクは、これを通過する光の位相に $P(x,y)=\exp(j\alpha(x^3+y^3))$ のすれ

を与える。

【0005】このようなキュービック位相変調マスクを持たない通常の光学系では、物体が合焦位置からずれるにしたがって光学的伝達関数(OTF)の強度分布が、図16から図17さらに図18へと変化する。

【0006】これに対して、キュービック位相変調マスクを持つ拡大被写界深度光学系では、同じずれに対するOTFの強度分布はそれぞれ図19と図20と図21に示されるようになり、その変化は少ない。この光学系によって結像された画像は、画像処理装置によって、図22に示される特性の逆フィルタによる処理が行なわれ、図19と図20と図21に示されるOTFの強度分布に対してそれぞれ図23と図24と図25に示されるOTFの強度分布が得られる。これらは、いずれも、通常の光学系の合焦時のOTFの強度分布に近い形を有している。

【0007】次に実際の画像を用いて説明する。通常の光学系では、物体が焦点位置からずれるにつれて、撮像装置で得られる画像は図26から図27さらに図28へと変化する。焦点ずれによるボケが生じてくる。図26と図27と図28の画像はそれぞれ図16と図17と図18のOTFの強度分布に対応している。

【0008】これに対して、拡大被写界深度光学系では、同じずれに対して撮像装置で得られる画像すなわち画像処理前の画像は、それぞれ図29と図30と図31となる。これらの画像は、いずれもボケてはいるが、ボケの程度はほぼ一定となっている。これらの画像に対して前述の逆フィルタによる画像処理を行なうと、それぞれ図32と図33と図34に示される画像が得られる。これらの画像は、図26の画像ほどではないが、ほぼこれに近い焦点ずれの少ない画像となっている。つまり、図14の装置は、焦点深度を拡大していることがわかる。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】上述した拡大被写界深度光学系は、ズームレンズを有する光学系に、そのまま適用することはできない。ズームレンズを有する光学系では、ズームレンズのズーム比の変化に伴って光学系のOTFが変化する。これに伴い、画像処理に適正な逆フィルタの係数とサイズも変化してしまう。

【0010】従って、単純に、図14に示した拡大被写界深度光学系のレンズ系をズームレンズに変更した構成では、常に好適な画像処理結果を得ることはできない。

【0011】本発明の目的は、ズームレンズを有する光学系に適用可能な拡大被写界深度光学系を提供することである。言い換えれば、常に好適な画像処理結果を与えるズームレンズを有する拡大被写界深度光学系を提供することである。

【0012】

【課題を解決するための手段】本発明による拡大被写界

深度光学系は、物体からのインコヒーレント光を像面上に集光するズームレンズ系と、ズームレンズ系によって像面上に集光された像を撮像する撮像手段と、物体と撮像手段の間に配置され、ズームレンズ系の光学的伝達関数(OTF)を物体の光軸方向の位置によらずに一定に変形させるキュービック位相変調マスクと、ズームレンズ系のNAを算出するNA算出手段と、NA算出手段によって算出されたNAに基づいてキュービック位相変調マスクによる光学的伝達関数(OTF)の変形を回復するフィルタ係数を算出するフィルタ係数演算手段と、フィルタ係数演算手段によって算出されたフィルタ係数を用いて、撮像手段で得られる画像データに対して変形していない光学的伝達関数(OTF)に戻す処理を行なう画像処理手段とを有している。

【0013】NA算出手段は、例えば、ズームレンズ系に含まれる可動レンズの位置を検出する位置検出手段を有し、位置検出手段の出力に基づいてNAを算出する。

【0014】あるいは、NA算出手段は、標準サンプルの観察画像の空間周波数解析によりNAを算出してもよい。

【0015】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照しながら本発明の実施の形態について説明する。

【0016】〔第一の実施の形態〕本発明の第一の実施の形態について図1ないし図8を用いて説明する。本実施形態は、本発明による拡大被写界深度光学系をビデオマイクロスコープに適用した例である。

【0017】図1に示されるように、ビデオマイクロスコープは、物体1を像面上に結像するズームレンズ2と、ズームレンズ2によって結像された物体1の像を撮像するCCDカメラ3と、CCDカメラ3をコントロールするCCDコントローラ4と、CCDカメラ3によって撮像された画像に対して処理を行なう画像処理装置5と、画像処理装置5によって処理された結果を表示するモニタ6とを有している。

【0018】ズームレンズ2は、二枚の固定レンズ7、11と二枚の可動レンズ8、9とを有している。固定レンズ7、11はそれぞれレンズ鏡筒16に固定された固定レンズ枠14、15に固定されている。可動レンズ8、9はそれぞれレンズ鏡筒16内を移動可能な可動レンズ枠12、13に固定されている。

【0019】可動レンズ枠12、13にはそれぞれカムピン17、18が取り付けられている。カムピン17、18はそれぞれ、レンズ鏡筒16の軸方向に平行に延びるガイド孔16a、bを通して、カム筒19の軸方向を斜めに横切って延びるカム溝19a、bに係合している。カム筒19はレンズ鏡筒16に対して回転可能であり、従って、可動レンズ枠12、13はカム筒19の回転によって光軸に平行に互いに近づく或いは離れる方向に移動される。これによりズームレンズ2の倍率が変更

される。つまり、ズーム変倍操作を可能としている。

【0020】レンズ枠13には、可動レンズ9の他に、キュービック位相変調マスク10も固定されている。このキュービック位相変調マスク10は、ズームレンズ2の光学的伝達関数(OTF)を物体の光軸方向の位置によらずに一定に変形させる。

【0021】レンズ鏡筒16の周りには、照明光を発する光源装置22からの光を伝達するライトガイド20が配置されており、ライトガイド20の先端近くには、ライトガイド20から射出される照明光を物体1に照射するための照明ヘッド21が設けられている。

【0022】ビデオマイクロスコープは、さらに、ズームレンズ2の可動レンズ枠13に取り付けたカムピン18の位置すなわち可動レンズ9の位置を検出するエンコーダ23と、エンコーダ23からの情報に基づいてズームレンズ2のNAを求めるNA演算装置24と、NA演算装置24で求められたNAに従ってフィルタ係数を求めるフィルタ演算装置25とを有している。

【0023】光源装置22からの照明光はライトガイド20を通り、照明ヘッド21で反射され、物体1を照明する。この照明光による物体1からの反射光は固定レンズ7、可動レンズ8、9、キュービック位相変調マスク10、固定レンズ11を通して、CCDカメラ3の撮像素子上に結像される。このときの結像倍率はズームレンズ2のズーム変倍操作によって変化する。

【0024】CCDカメラ3で撮像された画像はCCDコントローラ4を介して画像処理装置5へ送られる。エンコーダ23は、ズームレンズ2の可動レンズ枠13に取り付けられたカムピン18の位置を検出し、その出力信号はNA演算装置24へ送られる。

【0025】NA演算装置24は、入力されるエンコーダ出力信号を、図2に示されるフローチャートに従って処理する。

【0026】NA演算装置24は電源投入時のイニシャライズ後から制御を開始する(ステップS1)。NA演算装置24は、まず、エンコーダ出力が変化したかどうかを判断し(ステップS2)、エンコーダ出力に変化がない場合にはステップS2を繰り返し続ける。エンコーダの出力に変化があった場合には、そのエンコーダ出力を記憶する(ステップS3)。続いて、新たに記憶したエンコーダ出力に基づいてNAを算出し(ステップS4)、これをフィルタ演算装置25へ出力する(ステップS5)。この後は再びステップS2へ戻る。この一連の作業(ステップS2～ステップS5)は、電源投入時のイニシャライズ後、常に繰り返される。

【0027】前述のステップS2における判断は、入力されるエンコーダの出力信号を前回のサイクルで記憶したエンコーダの出力信号と比較することで行なわれる。なお、初回の判断は、予め記憶している基準値と比較することで行なわれる。

【0028】前述のステップS4におけるNAの算出は以下のようにして行なわれる。

【0029】ズームレンズ2の光学系のNAは、ズーム変倍操作に伴う可動レンズ8、9の移動に応じて変化する。またズームレンズ2のNAは設計段階でその変化を計算することができる。また可動レンズ8、9は連動するので、どちらか一方の位置が分かれば、そのときのズームレンズ2のNAが分かる。

【0030】可動レンズ9の位置すなわちエンコーダ出力とズームレンズのNAの関係を示したグラフを図3に示す。ズームレンズは連続的にNAが変化するので、図3の曲線は関数で近似することができる。NA演算装置24は、この関数を予め記憶しており、エンコーダ出力に基づいてNAを算出することができる。なお、ここで算出されるNAは像側のNAである。

【0031】フィルタ演算装置25は、NA演算装置24から入力されるNAを、図4に示されるフローチャートに従って処理する。

【0032】フィルタ演算装置25は電源投入時のイニシャライズ後から制御を開始する(ステップS10)。フィルタ演算装置25は、まず、NAが変化したかどうかを判断し(ステップS11)、NAに変化がない場合にはステップS11を繰り返し続ける。NAの出力に変化があった場合には、そのNAを記憶する(ステップS12)。続いて、新たに記憶したNAに基づいてフィルタ係数を算出し(ステップS13)、これを画像処理装置5へ出力する(ステップS14)。この後は再びステップS11へ戻る。この一連の作業(ステップS11～ステップS14)は、電源投入時のイニシャライズ後、常に繰り返される。

【0033】前述のステップS11における判断は、入力されるNAを前回のサイクルで記憶したNAと比較することで行なわれる。なお、初回の判断は、予め記憶している基準値と比較することで行なわれる。

【0034】ステップS13におけるフィルタ係数の算出は以下のようにして行なわれる。

【0035】ここで用いるフィルタは、キュービック位相変調マスク10によって変形されたズームレンズ2の光学的伝達関数(OTF)を、変形されていない光学的伝達関数(OTF)に戻すフィルタである。変形されていない光学的伝達関数(OTF)の強度成分は図5に示されるようになっており、キュービック位相変調マスク10によって変形された光学的伝達関数(OTF)の強度成分は図6に示されるようになっており、フィルタの光学的伝達関数(OTF)の強度成分は、図5に示される光学的伝達関数(OTF)の強度成分で割ったものであり、図7に示されるようになる。このとき、図7の限界周波数は $1/2NA$ である。

【0036】画像処理装置5で処理される画像のヒクセ

ルの大きさを d とすると、フィルタサイズ n は実験から求めた式として $n = (\alpha/5)^2 (\lambda/dNA)$ で表わされる。ここで、 α は従来技術のところで説明した、キュービック位相変調マスクによる位相ずれ $P(x, y) = \exp(j\alpha(x^3 + y^3))$ の α と等しい。

【0037】また、ピクセルの大きさ d とフィルタサイズ n で表わすことのできる空間周波数は、最大周波数 $1/2d$ 、基本周波数 $1/nd$ となる。従って、求めるフィルタ係数は図7の光学的伝達関数(OTF)を最大周波数 $1/2d$ 、基本周波数 $1/nd$ でサンプリングしてフーリエ変換したものである。以上のような計算からステップS13によりフィルタ係数を算出することができる。

【0038】画像処理装置5は、フィルタ演算装置25から入力されるフィルタ係数に基づいて、CCDコントローラ4から送られてくる画像に対して、図8に示されるフローチャートに従って処理を行なう。

【0039】画像処理装置5は電源投入時のイニシャライズ後から制御を開始する(ステップS20)。ビデオマイクロスコープを使う観察者は、図示しないスイッチにより、CCDコントローラ4からの画像を画像処理するかどうかを指定する。画像処理装置5は、このスイッチの状態を判別することにより、画像処理を行なうかどうかを判断する(ステップS21)。画像処理を行なわないと判断した場合は、CCDコントローラ4からの画像をそのままモニタ6に出力し(ステップS22)、ステップS21に戻る。

【0040】ステップS21において、画像処理を行なうと判断した場合は、フィルタ係数が変化したかどうかを判断する(ステップS23)。この判断は、フィルタ演算装置25から入力されるフィルタ係数を記憶しているフィルタ係数と比較することで行なわれる。フィルタ係数が変化すると判断した場合は、記憶しているフィルタ係数を変更し(ステップS24)、変更したフィルタ係数に従ってCCDコントローラ4からの画像に対して画像処理を行なう(ステップS25)。

【0041】ステップS23において、フィルタ係数が変化していないと判断した場合は、フィルタ係数を変更することなく、そのまま、既に記憶しているフィルタ係数に従ってCCDコントローラ4からの画像に対して画像処理を行なう。

【0042】その後、画像処理の結果をモニタ6へ出力し(ステップS26)、ステップS21へ戻る。

【0043】以上に説明した本実施形態のビデオマイクロスコープでは、観察の途中でズーム変倍操作により光学的伝達関数(OTF)が変化した場合にも、常にそのときのNAに応じた適正なフィルタ係数によって画像処理されるため、常に好適な画像が得られる。

【0044】〔第二の実施の形態〕次に本発明の第二の実施の形態について図9ないし図12を用いて説明す

る。本実施形態も、本発明による拡大被写界深度光学系をビデオマイクロ스코プに適用した例である。なお、図中、第一の実施の形態で説明した部材と同等の部材は同一の参照符号で示し、その詳しい説明は以下の記述では重複を避け省略する。

【0045】図9に示されるように、本実施形態のビデオマイクロ스코プは、第一の実施の形態とは異なりズームレンズ2のNAを測るためのエンコーダは備えていない。これに伴い、NA演算装置32は画像処理装置31から入力される情報に従ってNAを算出し、この算出されたNAに基づいてフィルタ演算装置33がフィルタ係数を算出する。これ以外の構成は第一の実施の形態と同じである。

【0046】画像処理装置31はCCDコントローラ4からの画像を図10のフローチャートに従って処理する。

【0047】画像処理装置31は電源投入時のイニシャライズ後から制御を開始する(ステップS30)。ビデオマイクロ스코プを使う観察者は、図示しないスイッチAにより、CCDコントローラ4からの画像を画像処理するかどうかを指定する。画像処理装置31は、このスイッチAの状態を判別することにより、画像処理を行なうかどうかを判断する(ステップS31)。画像処理を行なわないと判断した場合は、CCDコントローラ4からの画像をそのままモニター6に出力し(ステップS32)、ステップS31に戻る。

【0048】ステップS31において、画像処理を行なうと判断した場合は、次に、フィルタ係数を変更するかどうかの判定を行なう(ステップS33)。フィルタ係数を変更するか否かは観察者が指定する。つまり、観察者は、見ている画像すなわち画像処理結果に基づいて、そのとき使用している逆フィルタが適正か否かを判断し、フィルタ係数の変更の要不要を、図示しないスイッチBにより指定する。画像処理装置31は、このスイッチBの状態を判別することにより、フィルタ係数を変更するかどうかを判断する(ステップS33)。

【0049】観察者がフィルタ係数の変更を必要と判断した場合、観察者はスイッチBによりフィルタ係数の変更を指定するとともに、物体1を標準サンプル30に置き換える。つまり、ビデオマイクロ스코プの観察対象を標準サンプル30に変更する。標準サンプル30は、例えば、図11に示されるように、矩形開口であるが、x方向とy方向にエッジ成分を持つものであれば、どのような形状のものであっても構わない。

【0050】ステップS33において、フィルタ係数を変更すると判断した場合、画像処理装置31は、入力画像すなわち標準サンプル30の画像をNA演算装置32に出力する(ステップS34)。

【0051】NA演算装置32は、図12に示されるフローチャートに従ってNAを算出する。NA演算装置3

2は、演算を開始し(ステップS40)、画像処理装置31から画像を受け取り(ステップS41)、受け取った画像のフーリエ変換を行なう(ステップS42)。光学系の限界周波数は $2NA/\lambda$ で与えられるので、これと、画像のフーリエ変換の結果の最大周波数から光学系のNAを求める(ステップS43)。求めたNAをフィルタ演算装置33へ送る(ステップS44)。

【0052】フィルタ演算装置33は、図13に示されるフローチャートに従ってフィルタ係数を算出する。フィルタ演算装置33は、演算を開始し(ステップS50)、NA演算装置32からNAを入力し(ステップS51)、このNAに基づいてフィルタ係数を算出する(ステップS52)。フィルタ係数の算出方法は第一の実施の形態と同様である。算出したフィルタ係数を画像処理装置31へ出力する(ステップS53)。

【0053】以上の処理の後、図10に戻り、フィルタ係数をフィルタ演算装置33から入力し(ステップS35)、記憶しているフィルタ係数を新たに入力したフィルタ係数に変更する(ステップS36)。変更したフィルタ係数に従って画像処理を行ない(ステップS37)、画像処理結果をモニター6へ出力する(ステップS38)。この後、ステップS31に戻る。

【0054】観察者が、画像処理結果が適正であると判断すれば、フィルタ係数の変更の指定を解除し、観察対象を標準サンプル30から物体1に戻して、本来の対象物である物体1の観察を行なう。

【0055】また、ステップS33において、フィルタ係数を変更しないと判断した場合は、フィルタ係数の変更や観察対象の変更などの操作や処理を行なうことなく、そのまま画像処理を行ない(ステップS37)、画像処理結果をモニター6へ出力する(ステップS38)。この後はステップS31に戻る。

【0056】本実施形態のビデオマイクロ스코プでは、ズーム変倍操作により光学的伝達関数(OTF)が変化した場合にも、観察者が許容範囲内と認めるフィルタ係数によって画像処理されるので、常に好適な画像が得られる。

【0057】上述した実施の形態では、本発明による拡大被写界深度光学系を適用したビデオマイクロ스코プを例示したが、本発明の適用先はビデオマイクロ스코プに限らない。本発明による拡大被写界深度光学系は、ズームレンズ系を有するあらゆる光学系に好適に適用可能である。

【0058】本発明は、上述した実施の形態に限定されるものではなく、その要旨を逸脱しない範囲で行なわれるすべての実施を含む。本発明は下記の各項に記す発明を含んでいる。

【0059】(1) 物体からのインコヒーレント光を像面上に集光するレンズ系と前記レンズ系によって像面上に集光された像を撮像する撮像手段とからなる光学系

と、物体と前記撮像手段の間に置かれ前記光学系の光学的伝達関数(OTF)を物体の光軸方向位置によらず一定に変形させるキュービック位相変調マスクと、前記撮像手段で撮像した画像を画像処理により、変形していない光学的伝達関数(OTF)に戻す処理を行う画像処理手段とからなる拡大被写界深度光学系において、前記レンズ系がズームレンズ系であり、前記ズームレンズ系によって構成される光学系の観察時のNAを算出するNA算出手段と、前記NA算出手段により算出したNAから前記キュービック位相変調マスクによる光学的伝達関数(OTF)の変形を回復するフィルタ係数を算出するフィルタ係数演算手段とを有し、前記画像処理手段が前記フィルタ係数演算手段によって算出されたフィルタ係数を用いて画像処理を行う画像処理手段であることを特徴とした拡大被写界深度光学系

(2) 前記NA算出手段が、前記ズームレンズ系を構成する可動レンズの位置を検出する位置検出手段を有し、前記位置検出手段の出力にもとづいて前記光学系のNAを算出するNA演算手段とからなることを特徴とした(1)項に記載の拡大被写界深度光学系。

【0060】(3) 前記NA算出手段が、標準サンプルの観察画像の空間周波数解析によりNAを算出するNA算出手段であることを特徴とした(1)項に記載の拡大被写界深度光学系。

【0061】

【発明の効果】本発明によれば、常に好適な画像処理結果を与えるズームレンズを有する拡大被写界深度光学系が提供される。これにより、連続的に変更し得る任意のズーム比での拡大被写界深度光学系による観察が可能になる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第一の実施の形態による拡大被写界深度光学系を適用したビデオマイクロスコープの構成を示す図である。

【図2】図1に示されるNA演算装置の処理を示すフローチャートである。

【図3】ズームレンズにおける可動レンズの位置とNAの関係を示すグラフである。

【図4】図1に示されるフィルタ演算装置の処理を示すフローチャートである。

【図5】変形されていない光学的伝達関数(OTF)の強度成分のグラフである。

【図6】キュービック位相変調マスクによって変形された光学的伝達関数(OTF)の強度成分を示すグラフである。

【図7】キュービック位相変調マスクによって変形された光学的伝達関数(OTF)の強度成分を元の光学的伝達関数(OTF)の強度成分に戻すフィルタの光学的伝達関数(OTF)の強度成分、すなわち、図5の光学的伝達関数(OTF)の強度成分と図6の光学的伝達関数

(OTF)の強度成分の比を示すグラフである。

【図8】図1に示される画像処理装置の処理を示すフローチャートである。

【図9】本発明の第二の実施の形態による拡大被写界深度光学系を適用したビデオマイクロスコープの構成を示す図である。

【図10】図9に示される画像処理装置の処理を示すフローチャートである。

【図11】図9に示される標準サンプルの一例の平面図である。

【図12】図9に示されるNA演算装置の処理を示すフローチャートである。

【図13】図9に示されるフィルタ演算装置の処理を示すフローチャートである。

【図14】従来例による拡大被写界深度光学系の構成を概略的に示す模式図である。

【図15】図7に示されるキュービック位相変調マスクの外観形状を示す斜視図である。

【図16】通常の光学系において物体が焦点位置にあるときの光学的伝達関数(OTF)の強度分布を示すグラフである。

【図17】通常の光学系において物体が焦点位置から外れたときの光学的伝達関数(OTF)の強度分布を示すグラフである。

【図18】通常の光学系において物体が焦点位置から図17のときよりも更に外れたときの光学的伝達関数(OTF)の強度分布を示すグラフである。

【図19】拡大被写界深度光学系において物体が焦点位置にあるときの光学的伝達関数(OTF)の強度分布を示すグラフである。

【図20】拡大被写界深度光学系において物体が焦点位置から外れたときの光学的伝達関数(OTF)の強度分布を示すグラフである。

【図21】拡大被写界深度光学系において物体が焦点位置から図20のときよりも更に外れたときの光学的伝達関数(OTF)の強度分布を示すグラフである。

【図22】拡大被写界深度光学系において光学的伝達関数(OTF)の強度分布に対して行なわれる処理の逆フィルタの特性を示すグラフである。

【図23】図19の光学的伝達関数(OTF)の強度分布に対して図22の特性を持つ逆フィルタによる処理を行なって得られる光学的伝達関数(OTF)の強度分布を示すグラフである。

【図24】図20の光学的伝達関数(OTF)の強度分布に対して図22の特性を持つ逆フィルタによる処理を行なって得られる光学的伝達関数(OTF)の強度分布を示すグラフである。

【図25】図21の光学的伝達関数(OTF)の強度分布に対して図22の特性を持つ逆フィルタによる処理を行なって得られる光学的伝達関数(OTF)の強度分布

を示すグラフである。

【図26】通常の光学系において物体が焦点位置にあるときに得られるモニタ上に表示した中間調画像の写真である。

【図27】通常の光学系において物体が焦点位置から外れたときに得られるモニタ上に表示した中間調画像の写真である。

【図28】通常の光学系において物体が焦点位置から図27のときよりも更に外れたときに得られるモニタ上に表示した中間調画像の写真である。

【図29】拡大被写界深度光学系において物体が焦点位置にあるときに得られるモニタ上に表示した中間調画像の写真である。

【図30】拡大被写界深度光学系において物体が焦点位置から外れたときに得られるモニタ上に表示した中間調画像の写真である。

【図31】拡大被写界深度光学系において物体が焦点位置から図30のときよりも更に外れたときに得られるモニタ上に表示した中間調画像の写真である。

【図32】図29の画像に対して図22の特性を持つ逆

フィルタによる処理を行なって得られるモニタ上に表示した中間調画像の写真である。

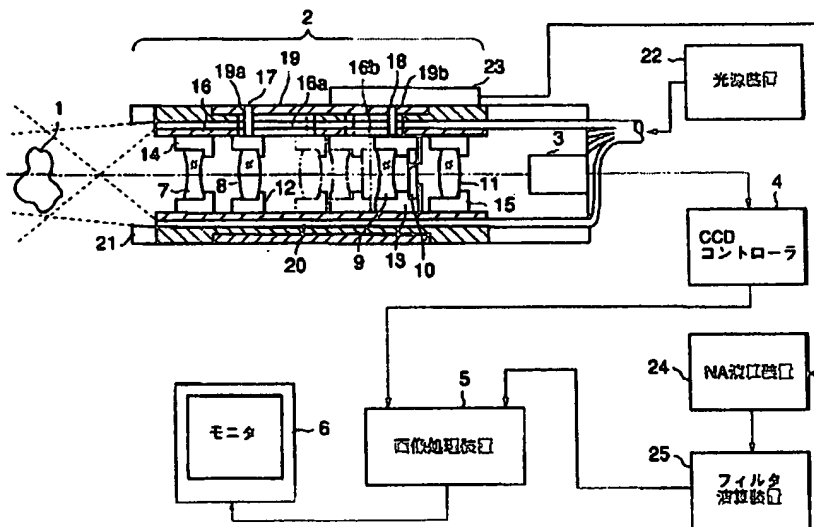
【図33】図30の画像に対して図22の特性を持つ逆フィルタによる処理を行なって得られるモニタ上に表示した中間調画像の写真である。

【図34】図31の画像に対して図22の特性を持つ逆フィルタによる処理を行なって得られるモニタ上に表示した中間調画像の写真である。

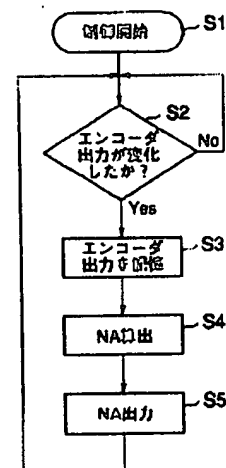
【符号の説明】

- 2 ズームレンズ
- 3 CCDカメラ
- 4 CCDコントローラ
- 5 画像処理装置
- 6 モニタ
- 7, 11 固定レンズ
- 8, 9 可動レンズ
- 10 キュービック位相変調マスク
- 23 エンコーダ
- 24 NA演算装置
- 25 フィルタ演算装置

【図1】

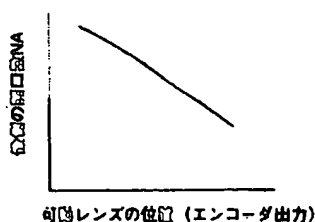


【図2】

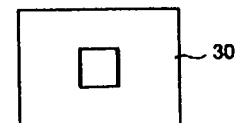
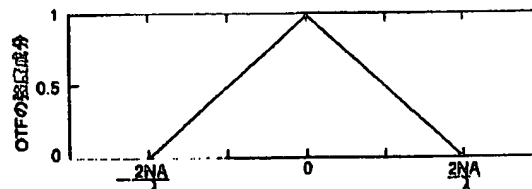


【図11】

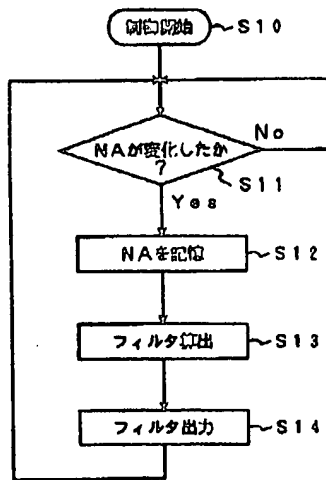
【図3】



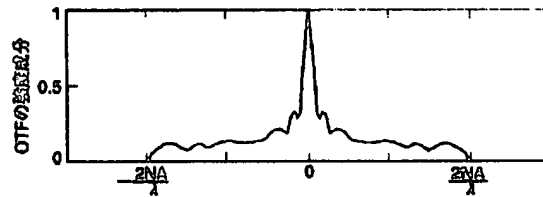
【図5】



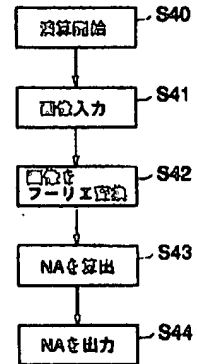
【図4】



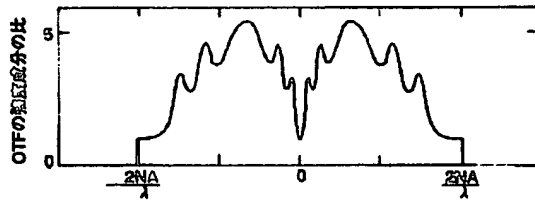
【図6】



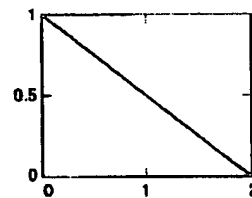
【図12】



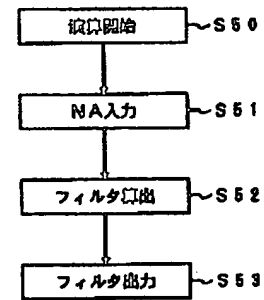
【図7】



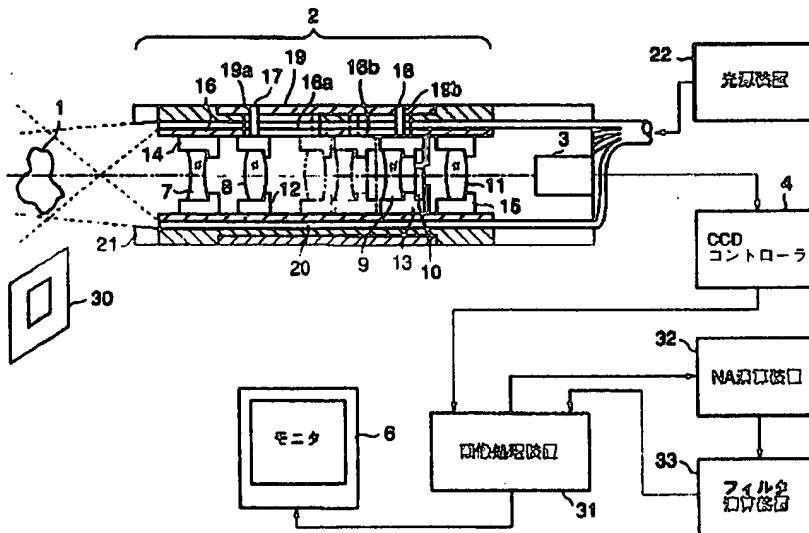
【図16】



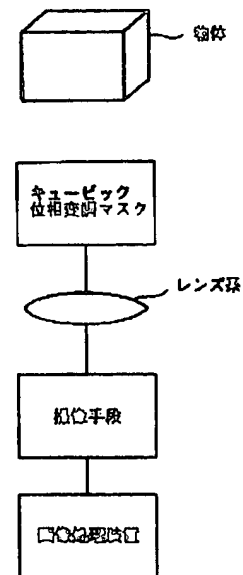
【図13】



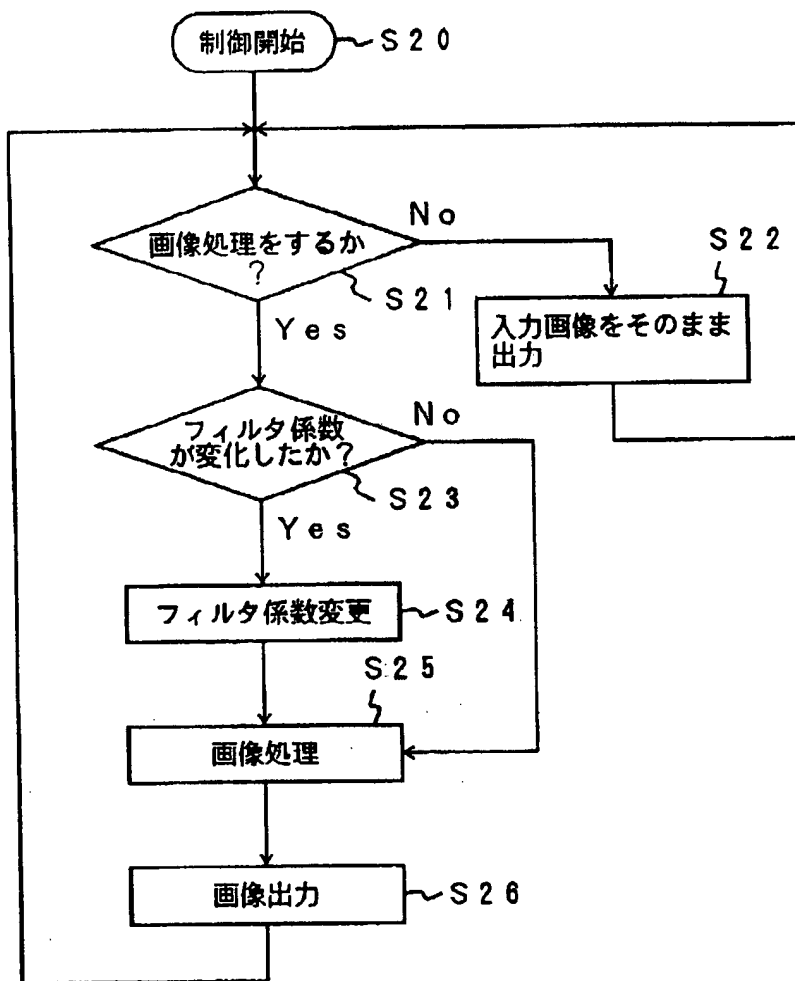
【図9】



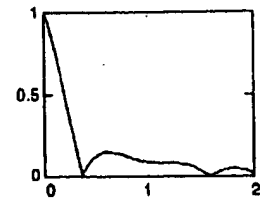
【図14】



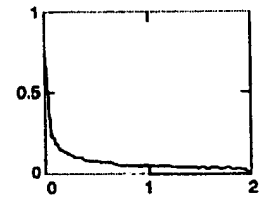
【図8】



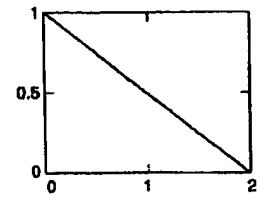
【図17】



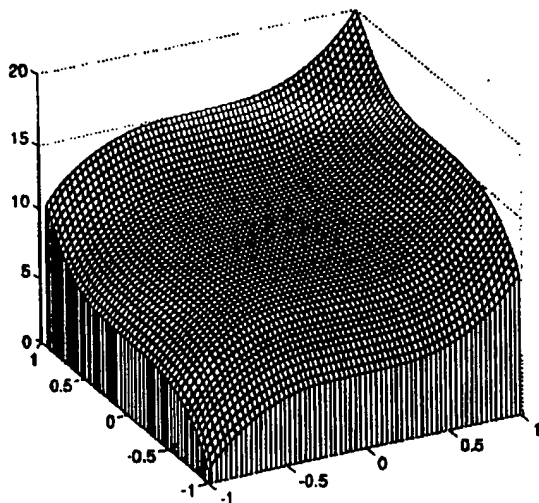
【図20】



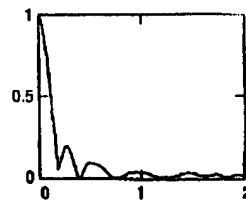
【図23】



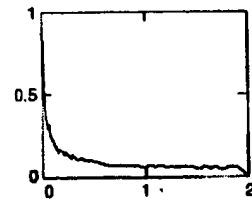
【図15】



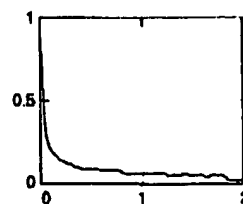
【図18】



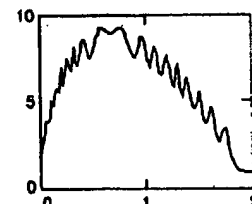
【図19】



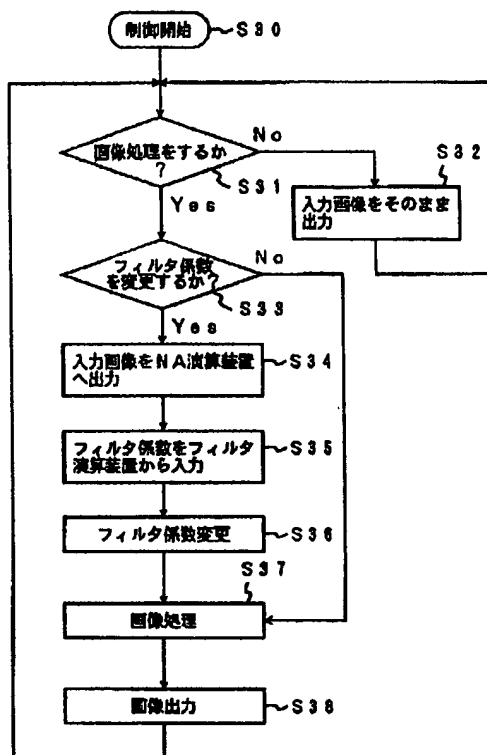
【図21】



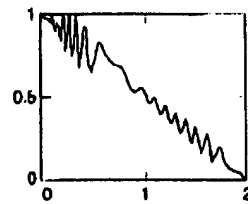
【図22】



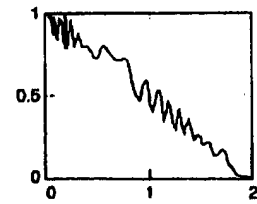
【図10】



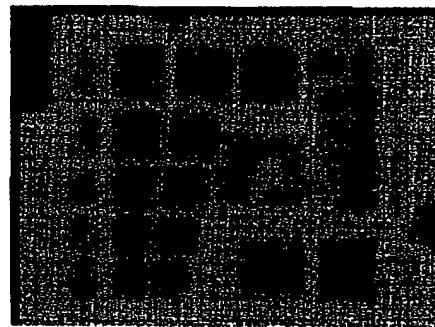
【図24】



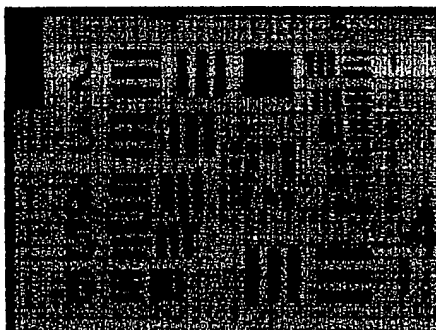
【図25】



【図28】



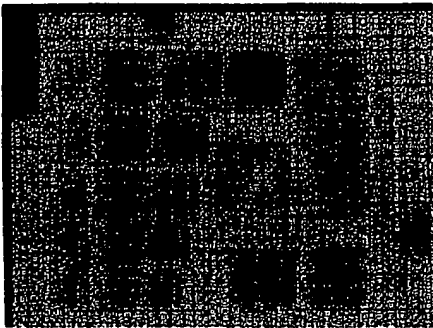
【図26】



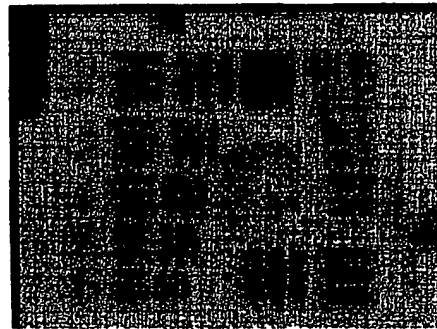
【図27】



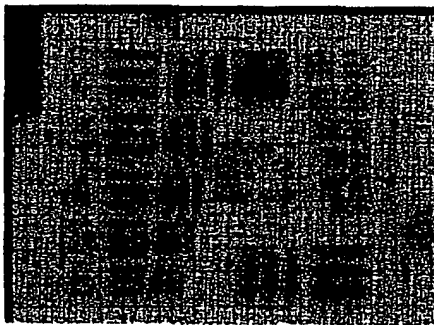
【図29】



【図30】



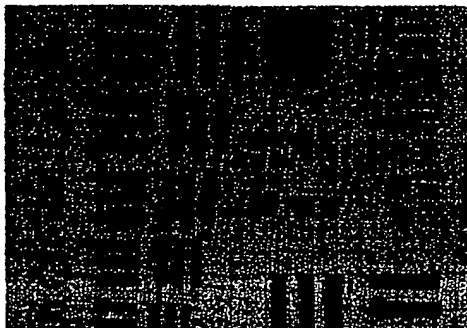
【図31】



【図32】



【図33】



【図34】



THIS PAGE BLANK (USPTO)